

# Galileo E1B신호 소프트웨어 수신프로그램 개발

## Development of Galileo E1B-BOC(1,1) Signal Software Receiving Program

전상훈\*, 소형민\*, 김강호\*, 기창돈\*, 조영수\*\*, 최완식\*\*

Sang-Hoon Jeon\*, Hyoung-Min So\*, Ghang-Ho Kim\*, Chang-Don Kee\*,  
Young-Soo Cho\*\* and Wan-Sik Choi\*\*

### 요 약

본 논문에서는 Galileo 신호를 처리하는 소프트웨어 개발에 관한 연구를 설명한다. L1 RF단을 거쳐 ADC 샘플링된 중간 주파수데이터로부터 MATLAB 툴을 이용하여 Galileo E1 신호를 처리하는 소프트웨어의 구조를 설명하고 성능을 분석하였다. E1-B 신호를 대상으로 신호의 획득, 추적, 항법 데이터를 추출 단계를 수행하고 Galileo Giove-A 실제 신호 저장 데이터를 처리하여 결과물을 검증하였다.

### Abstract

This paper shows the research about the development of software receiver processing Galileo E1B signal. it is introduced the structure of Galileo receiving software using sampled IF data as a program input. And the performance of SDR(Software Defined Radio) embodied using MATLAB tool is analyzed. Embodied SDR is modulated according to their roll and function.

Key words : Galileo, SDR, tracking

### I. 서 론

위성항법 신호의 다양화가 활발히 일어나고 있다. 미국은 GPS(Global Positioning System)현대화를 진행 중에 있고, 유럽의 Galileo, 러시아의 Glonass 재가동, 중국의 Compass 등 향후에는 다수의 위성 항법 신호를 이용할 수 있게 된다. 이로 인해 다수의 항법 신호를 처리하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

다양한 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System: GNSS) 환경의 수신기 연구 분야에서는 위치 서비스의 품질(Quality of Service: QoS)에 따라 다중 주파수를 가변적으로 선택하고 이에 대한 신호 처리 및 항법해를 제공하는 것이 중요하게 대두되고 있다. 이를 위해 현재 다양한 GNSS 환경에서 샘플링된 Digitized IF 신호를 이용하여 소프트웨어 형태로 신호 처리를 수행한 뒤 원시 및 항법정보를 제공하기 위한 ‘확장성과 이식성을 가진 GNSS 수신 S/W 플랫폼

\* 서울대학교 기계항공공학부 (Mechanical and Aerospace Engineering , Seoul National University)

\*\* 한국전자통신연구소 (Positioning system research team, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, Korea)

· 제1저자 (First Author) : 전상훈

· 투고일자 : 2008년 11월 06일

· 심사(수정)일자 : 2008년 11월 10일 (수정일자 : 2008년 12월 15일)

· 게재일자 : 2008년 12월 30일

품 연구'가 진행 중이다. 이는 R&D 측면에서는 다양한 측위 알고리즘 연구에 적용 용이, 다른 측위시스템과의 통합 유연성, 수신기 개발기간 단축 및 복잡성 최소화를 통한 비용 감소 등의 기대효과가 예상된다. 이러한 연구에서 본 논문은 Galileo E1-B신호를 중심으로 소프트웨어 기반 수신 플랫폼의 설계 및 성능 검증을 제시함으로써, 향후 소프트웨어 기반 수신 플랫폼 개발의 Feasibility를 판단하는데 큰 의미가 있다.

Galileo 신호의 경우 BOC(Binary Offset Carrier) 변조 기법이 적용되었고, 기존의 GPS와는 다른 항법 메시지 구조, 코딩 기법 등을 구현하고 있다. BOC 변조 기법은 GPS신호의 경우 향후 GPS 현대화 계획에 MBOC(Multiplexed Binary Offset Carrier) 포함이 되었으나 현 시점에서 GPS에는 적용되지 않고 있다. Galileo E1B신호의 경우 BOC변조로 인한 자기상관 모호성이 발생하는데, 본 연구에서는 이를 해결하는 알고리즘으로 Bump-Jump 알고리즘[2]을 구현하였다. 또 항법 메시지의 구조, 인코딩 특성, Interleaving 기법 등을 분석하여 역변환하는 알고리즘도 구현된 소프트웨어에 적용이 되었다. 설계된 GPS/Galileo 통합 수신 플랫폼은 저장된 GPS/Galileo 중간 주파수 데이터를 이용하여 검증하였다.

본 논문에서는 2장에서 프로그램의 전체구조 및 각각의 모듈의 구조를 설명하면서 프로그램의 구성과 구현한 기법들을 소개하고, 3장에서 각 모듈별로 테스트결과를 살펴본다. 마지막 4장에서 결론과 향후 과제에 대해 설명하도록 한다.

## II. 개발된 프로그램의 구성

### 2-1 개발된 프로그램의 전체 구조

전체 프로그램의 구성은 신호 획득 모듈, 신호 추적 모듈, 항법 메시지 해독 및 최종 항법해 계산 모듈로 나뉜다. L1 주파수 대역으로부터 BPF와 Down-convert 과정을 거친 저장된 파일 형태의 중간 주파수(Intermediate Frequency, IF) 샘플 데이터를 입력으로 처리하고 샘플링 주파수 및 샘플링 비트 수에

맞게 해당 간단한 초기설정 변수의 수정 만으로 다양한 샘플링 주파수와 샘플링 비트 수의 IF데이터 처리가 용이하게 하였다.

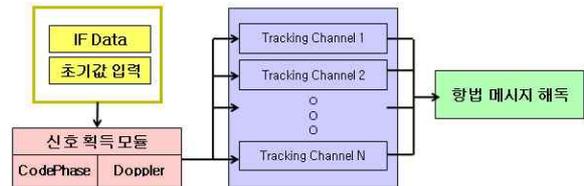


그림 1. 프로그램 전체 구조  
Fig. 1. The structure of software program

그림 1과 같이 데이터의 흐름은 초기값 저장에서 시작된다. 초기값을 입력하고 이 단계에서 IF데이터의 파일을 읽는 작업을 수행한다. 다음으로 신호 획득 모듈로 진행된다. 위성번호별 순차적으로 신호 획득이 이루어진다. 이 후 신호 추적 모듈은 획득 모듈이 처리한 결과를 읽어 각 채널에 위성을 할당한다. 신호추적은 E1B code 한주기 길이 단위로 읽어 들어 약 4ms에 해당하는 신호에 대한 상관결과를 얻어낸다. 연속된 추적 결과로 얻어진 항법데이터와 의사거리 측정치를 저장한다. 항법해 계산 모듈에서는 추적 결과 얻어진 상관 결과물로부터 항법 데이터를 얻어내고, Viterbi 디코딩, De-interleaving, CRC( Cyclic Redundancy Check) 체크를 통하여 항법데이터를 해독해 내지만 의사거리를 이용하여 항법해를 구하지 않는다.

### 2-2 신호 획득 모듈

Galileo E1B의 신호는 GPS와 다르게 BOC 코드가 실리게 되므로[11], 획득 과정에서 그에 대한 추가적인 고려가 필요하다. GPS의 경우 0.5chip 간격으로 가능한 도플러 구간 내에서 serial search를 하게 되지만 Galileo의 경우 BOC코드의 특성상 신호의 지연에 대한 auto-correlation 함수분포가 다르게 된다.

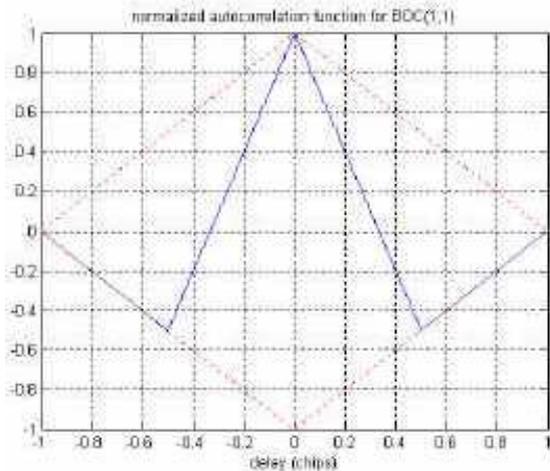


그림 2. BOC(1,1)의 auto-correlation (실선: GPS C/A, 점선: Galileo E1B)

Fig. 2. Auto-correlation function of BOC(1,1)

위의 그림 같은 특성 때문에 하드웨어 수신기에 서 주로 사용하는 순차적인 검색방법의 경우 Galileo E1B의 신호는 0.5chip 간격으로 검색을 하게 되면, main peak을 검색하지 못하게 되는 확률이 존재하게 된다. 따라서 이러한 BOC 변조의 특성을 고려하여 보다 짧은 chip 구간에서 검색을 하여야 하지만, 이는 물리적 시간을 크게 증가시키므로 Dual-sideband technic[3], BPSK-like technic[4], Sub-Carrier Phase Cancellation Method(SCPC)[5] 등의 검색구간을 유지 하면서 신호를 획득할 수 있는 기법들이 연구 되어왔다.

소프트웨어 수신기의 경우 GPS의 경우 RF단으로 부터 얻어진 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform)혹은 DFT(Discrete Fourier Transform)방식으로 주어진 도플러 구간에 대해서 해당 code shift값을 읽어 내는 방법을 사용한다.[6] 이 방법은 BOC변조가 적용된 Galileo E1B 신호에 대해서도 마찬가지로 적용 가능하다. 왜냐하면, FFT기반은 정해진 도플러 구간에서 Sampling 단위의 모든 구간에 대해서 peak의 크기를 살펴보는 결과를 가져오기 때문이다. 따라서 위의 하드웨어 기반의 신호 획득 방법은 소프트웨어 기반의 FFT방법에서는 고려하지 않아도 된다.

또한 코드의 한 주기 길이가 GPS C/A의 경우 1ms 였던 것에 비해 Galileo E1B의 경우 4ms로 4배가 되었기 때문에, Doppler의 영향에 따른 code delay가 4배가 되고 따라서 획득 후 추정단계에서 FLL(Frequency

Lock Loop) 제어의 수렴 범위에 영향을 미치기 때문에 도플러 검색구간에 대한 고려가 필요하다. GPS의 경우는 500Hz 간격의 Doppler 구간을 탐색한다. 이는 1ms동안 250Hz 정도의 carrier주파수 오차가 나더라도 FLL에서 수렴을 할 수 있다는 것을 의미한다. 하지만, Galileo E1B의 경우 코드 한 주기의 길이가 4ms로써 GPS에 비해서 4배가 증가하기 때문에, 한 주기 이후의 I, Q의 phase 차이 역시 4배가 나게 된다. FLL이 수렴하는 범위는 정해져 있기 때문에, 결국 신호 획득 단계에서 250/4Hz 정도의 정확도로 신호를 획득해야 한다. 따라서 Galileo E1B 신호를 앞서 말한 GPS 수신기와 같은 성능을 내기 위해서는  $500/4 = 125$  Hz 간격으로 탐색 구간을 설정해야 한다. 이는 하드웨어수신기와 소프트웨어 수신기 모두 적용되는 사항이다.

### 2-3 신호 추적 모듈

Galileo E1B 신호의 추적 기법은 GPS C/A 신호의 추적 기법과 유사하게 구성된다. 하지만, Galileo E1B의 BOC(1,1)의 변조 때문에 추가적으로 고려해야 하는 사항들이 존재한다.

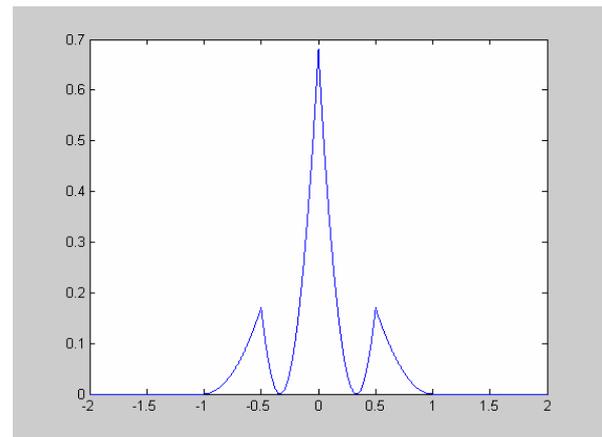


그림 3. Non-coherent method에서의 ACF

Fig. 3. ACF of BOC(1,1) in non-coherent method

GPS C/A의 경우 ACF(Auto-Correlation Function)가 단순 삼각형형태인 것과 달리, BOC 신호를 포함한 Galileo E1B 신호의 ACF는 그림 3에서 보는 것과 같이 하나의 main peak과 두 개의 side peak이 존재한다. 이 때문에 단순 narrow correlator만을 구현할 경우

side peak에서 신호 추적이 이루어지는 결과를 낼 수 있다. 이를 보완하기 위해서 GPS와 같이 Early, prompt, late의 위치에만 상관기를 사용하는 것이 아닌, very early, very late의 위치에도 상관기를 사용하는 신호획득 방법이 많이 사용되고 있고, side-peak의 크기를 계속 감시하면서 main peak을 판단하는 방법 (Bump-Jumping Method), BPSK(Binary Phase Shift Keying)의 경우처럼 ACF가 삼각형을 이루도록 바꾸는 방법 (Sub-Carrier Phase Cancellation Method, BPSK-like Method), 혹은 side peak에서 신호 추적 수렴을 이루지 않도록 discriminator를 설계하는 방법 (Double Early-Minus-Late Power Normalize: DEMLP discriminator function method) 등이 연구되어 왔고, 이 소프트웨어 개발에서는 이 중에서 Bump-Jumping Method을 택하여 사용하였다.

Bump-Jumping Method의 방식은 다음과 같다. 신호 획득 기준으로 Early-minus-late값을 이용하여 peak을 추정한다. 이 추정된 P(prompt)의 파워를 기준으로 VE(Very Early)와 VL(Very Late)의 파워도 측정을 한다. 측정된 파워를 바탕으로 만약 VE, VL의 크기가 P의 크기보다 클 경우 보다 큰 VE, VL의 카운터를 1 증가 시킨다. 수 샘플 데이터를 축적하는 기간 동안 모인 데이터를 기준으로 VE, VL의 카운터가 0보다 작은 값이 유지된다면, 현재 추정인 P가 main peak으로 제대로 추정이 된다는 것이고, 만약 정해놓은 임계치(T)보다 카운터의 값이 크게 되면 나타내는 VE나 VL로 점프하는 VCO(Voltage Controlled Oscillator) 입력을 넣어서 main peak의 위치를 변경하는 방법이다.

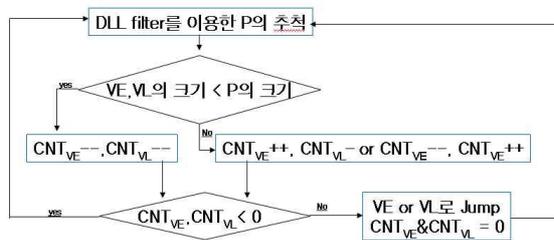


그림 4. 구현된 Bump-Jumping 알고리즘  
Fig. 4. Designed algorithm of bump-jumping method

이 방법은 Bump-Jumping method는 BOC 변조의 장점을 살릴 수 있는 side peak 모호성 해결 방법이라

는 특징을 갖는다. 하지만 이 방법은 측정치의 SNR(Signal to Noise Ratio)이 떨어지게 되면 잘못된 peak에서 수렴을 할 확률이 존재한다. 잘못된 수렴(VE, VL을 추적)을 하는 경우에 영향을 미치는 인자는 하나의 샘플이 가장 큰 파워를 가질 확률인 p와 판단 임계치(T)의 크기이고 p는 특정한 샘플(VL,VE,P 중 하나)가 가장 클 확률이다. 그리고 이러한 확률은 신호를 누적하고 넘기는 과정에서 나타나는 SNR과 ACF에서 나타나는 main peak과 side peak의 크기비율에 따라서 변한다. 이를 이론적으로 알아보기 위해, 신호의 노이즈는 정규분포를 따른다고 하고, VE, P, VL의 이론치가 x0, y0, z0라고 했을 때, VE에서의 샘플의 파워 값이 가장 클 확률 p는 다음과 같이 나타낸다.

$$p = \left( \frac{1}{2\pi\sigma^2} \right)^{\frac{3}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} dx \int_{-\infty}^x dy \int_{-\infty}^y dz \times \exp \left( -\frac{1}{2\sigma^2} \right) ((x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2) \quad (1)$$

성능은 얼마나 빠르게 정확한 peak을 추정하는냐에 따라 결정된다. 임계치 (T)는 설계 변수로 높게 설정하면 안정적인 추적 성능을 보이긴 하지만 판단을 위한 샘플이 많이 필요하게 되고, 반대로 낮게 설정하면 낮은 SNR환경에서 잘못된 peak을 main peak이라고 판단할 확률이 높아진다.

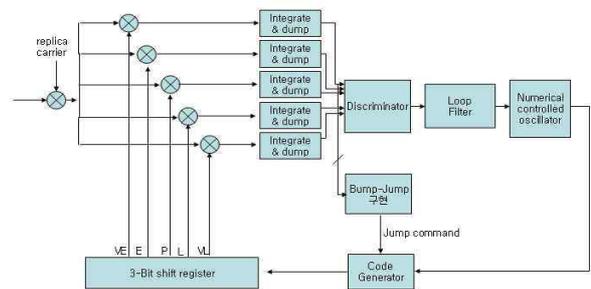


그림 5. 신호 추적 채널 구조도  
Fig. 5. Block diagram of Signal tracking channel

각 채널은 In-phase와 Quad-phase의 반송파 상관 신호와, 각각 Early, Prompt, Late 3쌍과 very early와 very late에 위치한 상관기 2쌍을 추가로 이용하게 된

다. 추적 루프는 코드 추적을 위한 DLL (Delay Lock Loop)과 반송파 추적을 위한 FLL과 PLL(Phase Lock Loop)를 포함한다. 각 채널은 코드 한 주기(4ms) 단위의 저장 데이터를 이용하며, DLL 및 FLL/PLL 업데이트 주기 역시 코드 한 주기로 구성되었다. 각각의 신호 추적을 위한 Lock Loop filter는 2차로 구현되며, 각각의 변수의 특성에 따라서 독립적인 제어 루프 계수를 설정하고, 간단히 변경 가능하도록 구현되었다. Galileo의 경우 Early, Prompt, Late의 코드 상관에 더하여 Very Early, Very Late의 상관값을 추가로 얻게 되고 이를 이용해서 Bump-Jumping method를 구현한다.

2-4 항법해 계산 모듈

항법데이터 처리부분은 Galileo 신호 추적 결과로부터 코딩 되어 있는 항법데이터를 읽어 내어 디코딩된 항법 데이터를 얻는 것을 목표로 한다. Galileo 항법 데이터 처리는 신호 추적 결과로부터 코딩 되어 있는 항법 데이터가 FEC(Forward Error Correction) 코딩, interleaving, CRC 등의 방법으로 코딩이 되어 있기 때문에, Viterbi 디코딩, De-interleaving, CRC 체크의 순서로 디코딩을 하여 유효 데이터를 얻는다. Galileo 항법 데이터의 페이지 형식과 서브프레임, 프레임의 구조는 Galileo GIOVEA ICD[11]를 참조하였다.

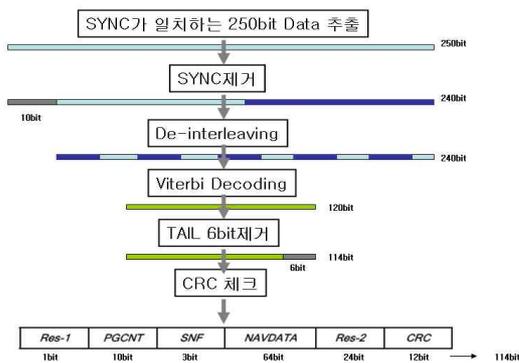


그림 6. 항법 데이터 해독 과정

Fig. 6. Galileo navigation data decoding process

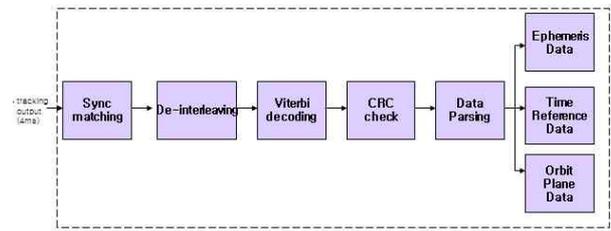


그림 7. 항법해 계산 모듈의 개념도

Fig. 7. The concept block diagram of Navigation data processing

III. 테스트 결과

3-1 테스트에 사용한 IF데이터

테스트 파일로는 실제 L1 안테나와 RF front-end를 거쳐 샘플링된 라이브 데이터를 사용하였고, 사용된 파일에 대한 정보는 다음 표1과 같다.

표 1. 테스트에 사용된 IF데이터 정보  
Table 1. IF sampled data used for test

포함된 신호	Sampling Freq	IF Freq.	Quantization bit
GPS/Galileo (GIOVEA)	4.1304MHz	16.3676 MHz	2 bit

3-2 신호 획득 결과

상용 소프트웨어 수신기를 이용하여 Galileo GIOVEA 위성이 LOS(Line of Sight)에 위치해 있을 시간에 로깅한 데이터를 사용하여 수신한 데이터를 이용하였다. 다음의 그림은 도플러 변화에 따라서 FFT를 이용한 병렬 검색을 이용한 결과를 나타낸다.

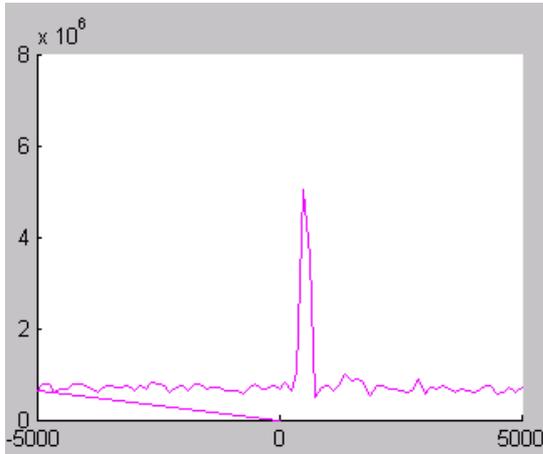


그림 8. GIOVEA 신호 획득  
Fig. 8 GIOVEA signal acquisition

3-3 신호 추적 결과

다음의 그림은 채널 신호 추적의 결과로 저장되어 있는 trackResult 행렬에서 값을 읽어 들여 그래프로 나타낸 것이다.

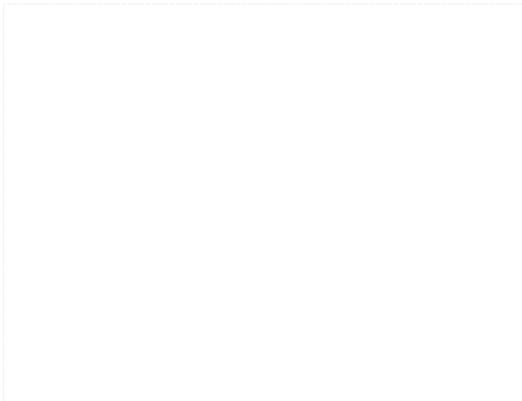


그림 9 채널 추적 결과 ( 5sec )  
Fig. 9 Signal tracking result

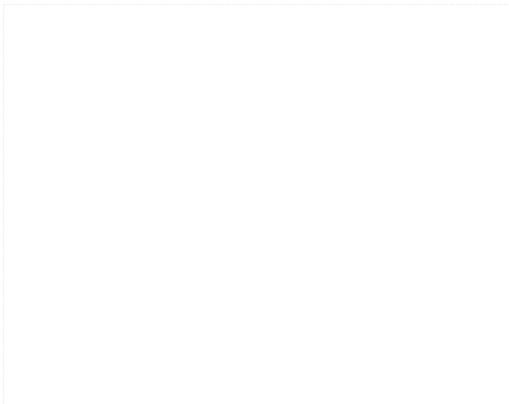


그림 10채널 추적 IQ plot  
Fig. 10. IQ plot of signal tracking result

코드 변별기( code discriminator) 출력과 위상 변별기 출력, 도플러 변별기 모두 0으로 수렴하고 위상과 도플러가 일정한 값으로 유지되는 것을 볼 수 있다. GPS 신호 추적의 경우와 다르게 140 epoch 정도까지는 코드 변별기 출력과 위상 변별기 출력 등 추적의 성능을 나타내는 인자들의 분산 값이 큰 것을 볼 수 있다. 140 epoch 이후부터는 신호 추적 인자들의 분산 값이 감소하게 된다. 이것은 140 epoch 정도까지는 BOC 변조에 의해서 생겨나는 side peak을 추적하다가 140epoch 시점에서 신호 추적 대상 코드 NCO(Numerically Controlled Oscillator) 값이 main peak으로 Jump를 수행하기 때문이다. 그림 11에서는 Very Early의 상관값이 Prompt보다 크게 읽혀나가다가 Jump를 수행한 후에 Prompt가 Main Peak을 제대로 추적하는 과정을 나타내고 있다.

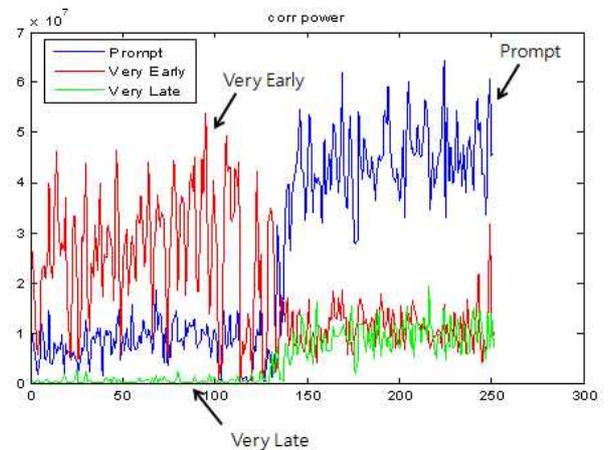


그림 11. Galileo신호 채널 추적 중 Main Peak으로 점프

Fig. 11. Main peak tracking of Galileo channel

3-4 항법해 처리 결과

Galileo의 항법 데이터 처리는 항법 데이터를 신호 추적 결과로부터 해독 결과를 출력 행렬에 저장한다. 다음 그림에서는 항법 데이터 출력 결과로 저장된 navResult 행렬의 워크 스페이스 뷰를 나타낸다.

Field	Value
ECEF	<4x4422 double>
LLH	<3x4422 double>
ENU	<3x4422 double>
PG_str	<1x99 struct>
PG_num	99
EphemGal	<1x1 struct>
TimeRefGal	<1x1 struct>
AddDataGal	<1x1 struct>

그림 12. 항법 데이터 처리 결과 구조체  
Fig. 12. Result structure of navigation data processing

Galileo신호 추적을 통해서 항법 데이터를 해독하게 되고 이 결과 페이지 수(PG\_num), 페이지 구조체(PG\_str), 위성획득 정보(EphemGal), 기준시각 정보(TimeRefGal), 추가적인 Almanac과 위성 궤도평면 정보가 저장되어 있는 기타 항법 정보(AddDataGal)이 해독 되어 저장되어 있는 결과가 확인 가능하다. Galileo의 항법 데이터는 250bps이고 하나의 페이지는 250bit 이기 때문에, 1초당 하나의 페이지가 해독 가능하다. 그림 12는 100초의 데이터 처리를 통해서 가능한 100개의 데이터 중 앞뒤의 잘려진 페이지를 제외한 99개의 페이지가 Viterbi 디코딩, De-interleaving, CRC 체크를 완료한 것을 나타낸다.

Field	Value
res_1	1
pgcnt	530
SNF	0
NavData	<1x64 double>
res_2	<1x24 double>

그림 13. Galileo 항법해 출력 정보 중 페이지 구조체  
Fig. 13. Page structure in Galileo navigation decoding information

그림 13은 페이지 정보가 저장되어 있는 PG\_str 구조체를 나타낸다. Res\_1, SNF, res\_2에 저장되어 있는 값이 Galileo GIOVEA ICD에 나와있는 값과 일치하는 것을 확인하였다. 각각의 페이지는 그 고유의 페이지 번호가 할당 되어 있는데 99개의 해독한 페이지의 번호 변화는 그림14에서 볼 수 있다. 99개의 페이지에서 페이지번호가 600까지 순차적으로 증가하고 다시 1부터 증가하는 것으로부터 획득된 신호 중에 페이지를 잃지 않았다고 판단 가능하다.

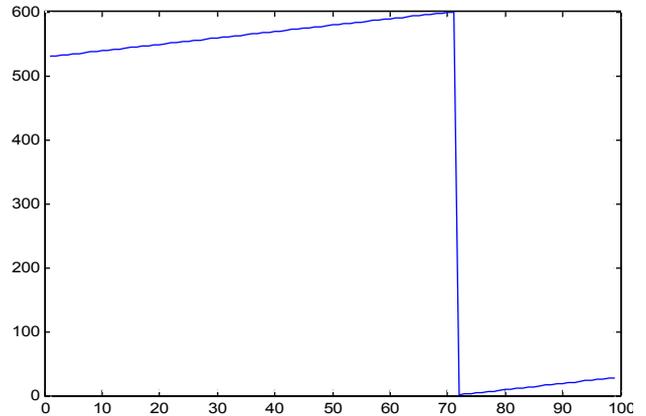


그림 14. Galileo 항법해 출력 정보 중 페이지 번호 변화

Fig. 14. Page number in Galileo navigation decoding information

Field	Value
IOB	41
w	4.0365e+009
dn	8515
SVID	0
e	7.0563e+006
rootA	2.854e+009
Omega0	2.312e+009
ID	6.8894e+008
MO	2.8757e+009
IDOT	261
OMEGADOT	1.6763e+007
Cus	65490
toe	4194
Crc	5968
Crs	3
Cic	56
toc	18731
Cis	65498
ai0	42
ai1	44
ai2_M	26

그림 15. Galileo 항법해 출력 정보 중 위성정보  
Fig. 15. Ephemeris data in Galileo navigation decoding information

그림15는 항법 데이터 페이지 중에서 항법데이터 패킷 64비트 부분들로부터 얻은 위성정보이다. 이 값들은 위성에서 받은 scaling 되지 않은 값이다. SVID의 경우 (Galileo 위성 번호 -1) 로 저장되어 있기 때문에 0이 나타내는 숫자는 GIOVEA의 PRN(Pseudo Random Number) 1번임을 나타낸다. rootA의 변수의 경우 궤도의 장반경의 square root값인데, 이를 스케일링 해 보면 실제 궤도 위성과 비슷한 결과값을 얻을 수 있다. 다음의 표는 검증을 위해서 Galileo 위성 궤도 변수들을 제공하는 웹페이지[10]에서 제공하는 데이터와 비교한 결과이다.

표 2. Galileo 위성 궤도 정보 비교  
Table 2. Comparison to ephemeris data

포함된 신호	2006. 07. 23	2007.9.6 (test data)	2008. 4. 2
a(장반경)	2.9632e7	2.9633e7	2.9633e7
w(A.O.P)*	330.64	338.2528	327.3046
e(이심률)	0.0008426	0.00082134	0.0007882

#### IV. 결 론

본 논문에서는 후처리용 MATLAB기반의 Galileo 수신 소프트웨어를 구현한 과정을 설명하였다. 이 프로그램은 Galileo E1B신호를 처리를 목적으로 제작이 되었다. 완성된 결과물을 검증하기 위해 Galileo 테스트 위성인 GIOVE-A 위성 신호를 수신하여 저장해 놓은 샘플 데이터를 활용하여 신호의 획득, 추적, 항법 데이터 해독이 잘 진행됨을 보였다.

Galileo E1B신호는 GPS C/A코드와 BOC변조기법이 적용되었다는 것이 가장 큰 차이점이다. 프로그램에서는 신호 획득시 FFT를 이용한 병렬처리 방식을 이용하였는데, 이 방법은 모든 코드 위상에서 상관값을 점검할 수 있으므로 BOC 변조 기법으로 인한 모호성 해결 알고리즘을 구현하지 않았다. 하지만 신호 추적 알고리즘 구현시에는 Bump-jump 기법을 구현하여 모호성을 해결하였다. Galileo 항법 메시지 해독에 있어서는 ICD문서를 분석하여 구현된 코딩 기법 및 Interleaving, 메시지 구조에 맞는 해독 알고리즘을 구현하였다.

향후 과제로는 아직 구현되지 않은 GPS/Galileo 위성을 동시에 이용한 항법해 계산, 신호 추적 루프 필터 최적화, Galileo E1-A,C 코드, 파일럿 채널 등의 처리 등의 모듈을 추가하여 다중의 신호처리 개발의 플랫폼으로써 활용 가능하게 하는 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 공공기술연구회의 협동연구사업의 일환으로 수행하였음. [GNSS 신호 생성 및 수신 소프트웨어 플랫폼 기술 개발]

본 연구는 서울대학교 항공신기술연구소의 지원하에 수행하였음

이 논문은 2008년도 2단계 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음

#### 참 고 문 헌

- [1] 김병두, 조영수의 "소프트웨어 기반 GPS수신기 개발 동향" *ETRI 주간기술동향*, 통권 1334호 pp. 1-13, 2008년 2월
- [2] Paul Fine, Warren Wilson "Tracking Algorithm for Offset Carrier Signals" *Proceeding of ION-NTM*, pp. 671-675, San Diego, CA, USA. Jan, 25-27, 1999
- [3] Philip M. Fishman, John W. Betz, "Predicting performance of direct acquisition for the M-Code Signal" *Proceeding of ION-NTM*, pp 574-582, Anaheim, CA, USA, Jan, 26-28, 2000
- [4] N. Martin, V. Leblond, G. Guillotel, V. Heiries, "BOC (x,y) signal acquisition techniques and performance of Direct Acquisition for the M-Code Signal" *Proceeding of ION*, pp 188-198, Portland, Oregon, USA, Sep, 9-12, 2003
- [5] Vincent Heiries, Daniel Roviras, "Analysis of non ambiguous BOC Signal Acquisition Performance" *Proceeding of ION*, pp 2611-2622, Long Beach, CA, USA, Sep, 21-24, 2004
- [6] James Bao, Yen Tsui, *Fundamentals of Global Positioning System Receivers*, Wiley-interscience, 2005
- [7] Kai Borre, et al., *A Software-Defined GPS and Galileo Receiver*, Birkhauser, 2007
- [8] Elliot D. Kaplan, *Understanding GPS*
- [9] Pratap Misra, Per Enge, *Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance*
- [10] <http://www.celestrak.com>
- [11] Galileo Project Office, *GIOVE-A SIS ICD*, 2007

전 상 훈 (田尙勳)



2004년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
2004년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석박사통합과정)  
관심분야 : GNSS 수신기, GPS를 이용한 자세결정 수신기, RTK

아시아 대표

1994년 4월 ~ 현재 : 건교부 서울지방항공청 설계자문위원회  
관심분야 : WADGPS, RTK, 항공기/우주비행체 자세결정, 무인항공기 자동제어 시스템, 실내용 자동항법시스템

소 형 민 (蘇亨敏)



2001년 2월 : 고려대학교 기계공학과(공학사)  
2003년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)  
2003년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학박사과정)

관심분야 : GNSS 신호처리 및 측위 기술, 소프트웨어 수신기

조 영 수 (曹永壽)



2000년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
2002년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)  
2002년 3월 ~ 2005년 6월 : 공군사관학교 항공우주공학과 전임강사

2005년 10월~현재 : 한국전자통신연구원 텔레매틱스연구부 측위시스템연구팀 연구원  
2006년 12월~현재 : OMA LOC WG 표준화 활동(에디터)  
관심분야 : GNSS 신호처리 및 측위 기술, 실내외 연속 측위 기술, LBS 표준화

김 강 호 (金江皓)



2004년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
2006년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)  
2006년 9월 ~현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학박사과정)  
관심분야 : GPS 수신기

최 완 식 (成春香)



1979년 2월 : 성균관대학교 기계공학과(공학사)  
1986년 8월, 1988년 8월 : The Univ. of Alabama 기계공학 및 응용수학(공학석사)  
1992년 5월 : The Univ. of Alabama, 기계공학과(공학박사)

1979년 3월 ~ 1984년 8월 : ADD/국방품질검사소, 연구원  
1992년 6월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 텔레매틱스연구부 측위시스템연구팀장(책임연구원)  
2008년 2월 : TTA LBS PG 의장  
관심분야 : Seamless 측위, 위치기반서비스, 텔레매틱스

기 창 돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학(공학사)  
1986년 2월 : 서울대학교 항공공학(공학석사)  
1994년 1월 : 미국 스탠포드대학교 항공우주공학 (공학박사과정)  
1994년 5월 ~ 1995년 5월 : 미연방항공

공청의 GPS Program에 관한 기술고문.  
2000년 10월~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수  
2001년 3월 ~ 현재 : 한국 항행학회 부회장  
2006년 9월 ~ 현재 : 국제항법학회(Institute of Navigation)